

Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Kupfereffizienz – unerschlossene Potenziale, neue Perspektiven

Ergebnisse des ‚Zukunftsdialogs

Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung‘



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Herausgeber:

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
Wuppertal, Juni 2008

Redaktion:

Rainer Lucas
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
Döppersberg 19
Postfach 10 04 80
42004 Wuppertal

Tel.: +49 (0)2 02 / 24 92 - 260

Fax: +49 (0)2 02 / 24 92 - 250

rainer.lucas@wupperinst.org

Autorinnen und Autoren:

Dipl.-Ök. Rainer Lucas (Projektleiter)
Prof. Dr. Raimund Bleischwitz
Dipl.-Soz. Wiss. Melanie Krause
Master Vwl/ Dipl.-Pol. Martin Stürmer

Dr. Michael Scharp / Institut für Zukunftsforschung
und Technologiebewertung Berlin



Diese Broschüre ist im Rahmen des F+E Vorhabens „Verbesserung von Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung, Teilvorhaben 1: Potenzialermittlung, Maßnahmenvorschläge und Dialog zur Ressourcenschonung“ entstanden. Dieses Forschungsprojekt wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt (Förderkennzeichen 206 93 100/01, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit).

Die in der Broschüre geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Auftraggebers übereinstimmen.

Das Vorhaben wurde in Zusammenarbeit mit folgenden Projektpartnern durchgeführt:



UNEP/WUPPERTAL INSTITUTE COLLABORATING
CENTRE ON SUSTAINABLE
CONSUMPTION AND PRODUCTION



Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung
Institute for Futures Studies and Technology Assessment

Gestaltung: Stephan Preuß Grafik + Design, Wuppertal; Stephan Preuß, Marion Hintz, Michael Conen

Einleitung	4
1 Kupfer – ein globales Rohstoffsystem	5
2 Handlungsempfehlungen aus dem Dialogprozess	9
2.1 Potenziale und Maßnahmen im Aktionsfeld Fahrzeugbau und Fahrzeugelektronik.	9
2.2 Potenziale und Maßnahmen im Aktionsfeld Informations- und Kommunikationstechnologien	14
2.3 Übergreifende Strategien – Internationale Regulierung von Stoffströmen	20
3 Kupfereffizienz braucht Verständigung.	24
Literatur	25

Diese Broschüre ist im Rahmen des vom Umweltbundesamtes geförderten Forschungsprojektes „Verbesserung von Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung“ entstanden. Das Projekt wurde federführend vom Wuppertal Institut gemeinsam mit dem Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung in Berlin (IZT) und dem UNEP/Wuppertal Institute Collaborating Centre on Sustainable Consumption and Production (CSCP) durchgeführt.

Sie spiegelt die Ergebnisse des Zukunftsdialogs von 2007 bis 2008 wider und gibt einen Einblick über aktuelle Potenziale, Chancen und Hemmnisse zur Verbesserung der Rohstoff- und Ressourcenproduktivität im Fokusbereich „Rohstoffsystem Kupfer“. Hintergrundrecherchen, Experteninterviews und Workshops waren Teil des offenen Dialogprozesses mit Akteuren aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft. Darüber hinaus werden ausgewählte Maßnahmenoptionen mit Beispielen für effiziente Handlungsansätze vorgestellt.

Ziel des Zukunftsdialogs war die Bündelung konkreter und praxisrelevanter Beiträge zur Verbesserung der Rohstoffproduktivität und der Ressourcenschonung und die Erarbeitung von Maßnahmenoptionen zur Steigerung der Ressourcenproduktivität. Diese gilt es nun an vorhandene politische Initiativen wie die Europäische Ressourcenstrategie und die „Ökologische Industriepolitik“ des Bundesumweltministeriums (BMU) anzuknüpfen.

Wir möchten an dieser Stelle allen Personen, die sich in den Dialogprozess eingebracht haben und/oder für ein Interview zur Verfügung standen, unseren herzlichen Dank aussprechen. Viele der Anregungen und Vorschläge sind in den nachfolgenden Text eingegangen.

*Weiterführende Informationen und diese Publikation als Download finden Sie unter:
<http://www.ressourcenproduktivitaet.de>*



Ressourcenpolitik ist ein neues Politikfeld, welches sich den Chancen und Risiken stellt, die mit dem Rohstoff- und Energieverbrauch unserer Wirtschaftsweise einhergehen. Aus umweltpolitischer Sicht geht es in der Ressourcenpolitik vor allem um eine Verringerung des Ressourcenverbrauchs und der damit verbundenen Umweltbelastung entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Deutschland ist im Bereich der Rohstoffwirtschaft in hohem Maße abhängig von der Versorgung aus anderen Volkswirtschaften. Daher muss aus Sicht umweltpolitischer Strategien den globalen Veränderungen und den damit verbundenen Herausforderungen besondere Beachtung geschenkt werden.

- Energie und Rohstoffe werden teurer, weil dem begrenzten Angebot eine verstärkte Nachfrage vor allem aus den bevölkerungsreichen Schwellenländern wie China, Indien und Brasilien gegenübersteht. Diese angespannte Situation wird auf mittlere Sicht so bleiben. Der Rohstoffbedarf dieser Länder wird weiter wachsen und die Nachfrage aus den Industrieländern, die ohnehin auf hohem Niveau stattfindet, dürfte sich nicht nennenswert verringern.
- Viele Umweltbelastungen entstehen bereits bei der Gewinnung der Primärrohstoffe. Aufgrund des hohen Preisniveaus auf den Rohstoffmärkten und verbesserten Abbautechnologien werden Vorkommen mit geringeren Konzentrationen bzw. in entlegenen Gebieten erschlossen. Hierdurch steigt tendenziell die Umweltbelastung pro gewonnener Tonne Erz.
- Das Konfliktpotenzial hinsichtlich der Rohstoffverteilung – sowohl zwischenstaatlich als auch sozial – wird weiter zunehmen.
- Jeder Rohstoffverbrauch ist lebenszyklusweit mit Energieeinsatz und Umweltbelastungen verbunden. Rohstoffgewinnung und -verarbeitung, Umweltmanagement, Recycling sowie Entsorgung finden in einer globalisierten Wirtschaft auf unterschiedlichem umwelt- und arbeitsschutztechnischem Niveau statt und führen zu Problemverlagerungen.

Diese ressortübergreifenden Fragen verlangen nach einem integrierten Ansatz. Es müssen Handlungsfelder mit einem hohen Potenzial zur Verbesserung der Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung identifiziert werden. Ein solches Feld bietet das Rohstoffsystem Kupfer. Hierfür wurden im Dialog mit Experten aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft erste Maßnahmenoptionen mit folgenden Zielen entwickelt: weniger Kupfergebrauch bei mehr Nutzen (Rohstoffproduktivität) und Ressourcenintensität über den Lebenszyklus auf ein umweltverträgliches Niveau verringern (Ressourcenschonung). Das Schlagwort „Kupfereffizienz“ führt diese beiden Ziele zusammen.

Durch die systemische Perspektive des hier vorgestellten Dialog-Ansatzes wird der klassische Pfad des Branchendialogs verlassen und verschiedene Akteure entlang der Wertschöpfungskette einbezogen. Dies eröffnet neue Verständigungsmöglichkeiten zwischen Kupfer erzeugender Industrie, Halbzeugherstellern, Herstellern von Konsumgütern und der Recyclingwirtschaft. Die bisher durchgeführten Workshops im Rahmen des „Zukunftsdialogs“ haben gezeigt, dass dieses Querdenken anregend ist und zu neuen Erkenntnissen führt. Einige Ergebnisse dieses Dialogprozesses werden im Rahmen dieser Broschüre präsentiert.

1 Kupfer – ein globales Rohstoffsystem

Produktion, Anwendung und das Recycling von Kupfer geschehen in einem globalen Wertschöpfungskontext. Durch den Nachfrageboom entstehen neue Herausforderungen im Rohstoffsystem Kupfer.

Werkstoff der Industrialisierung

Kupfer wird seit 10.000 Jahren vom Menschen genutzt und ist eines der Schlüsselmetalle der Industrialisierung. Das Metall verfügt über eine sehr hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit, ist korrosionsbeständig und biegsam. Weltweit werden über 18 Millionen Tonnen pro Jahr eingesetzt: Elektroindustrie (37 %), Bauwesen (39 %), Maschinenbau (9 %), Verkehrssektor (8 %) und sonstige industrielle Anwendungen (7 %) (Deutsches Kupferinstitut 2007: 16).

Eine internationale Wertschöpfungskette

Kupfer und dessen Vorprodukte werden entlang einer internationalen Wertschöpfungskette verarbeitet und gehandelt. Die Preise orientieren sich weltweit an der Notierung der Londoner Metallbörse. Der Bergbau von Kupfererzen findet hauptsächlich in Chile (35 % der Weltproduktion), den USA (7,8 %), Peru (6,9 %), Australien (6,2 %), Indonesien (5,2 %) und Sambia (3,5 %) statt (US Geological Survey 2007). Hier werden die Kupfererze (ca. 0,5-1 % Kupfergehalt) im ersten Verarbeitungsschritt der Flotation zu Kupferkonzentraten (ca. 20-30 % Kupfergehalt) aufgearbeitet.

Der Großteil der Kupferkonzentrate wird zur Weiterverarbeitung nach z.B. Japan (24,4 %), China (20,7 %), Indien (9,1 %), Südkorea (8,4 %) und Deutschland (6,6 %) exportiert (ICSG 2007:38). Dort findet die Verhüttung und Raffination zu Kupferkathoden (99,99 % Kupfergehalt) statt. Das Kathodenkupfer wird zu Halbzeugen wie Drahtbarren, Stangen und Walzplatten gegossen. In Europa ist die Norddeutsche Affinerie AG mit Standort in Hamburg die größte Kupferhütte. Insgesamt beschäftigt die Branche in Deutschland über 11.000 Personen bei einem Jahresumsatz von rund zehn Milliarden Euro.

Nachfrageboom aus den Schwellenländern

Durch das Wachstum in der VR China und anderen Schwellenländern ist die Nachfrage nach Kupfer zwischen 2001 und 2006 von 14,9 Millionen auf 17,1 Millionen Tonnen weltweit sprunghaft gestiegen. Haupttreiber sind der Aufbau der Infrastruktur und die Elektrifizierung. Fast zwei Drittel dieses Anstiegs entfallen allein auf die VR China. Diese nutzte im Jahr 2006 über 3,8 Millionen Tonnen und löste somit die USA (2,3 Millionen Tonnen) als wichtigsten Abnehmer von Kupfer ab (IKB 2007:8f). Japan folgt mit 1,3 Millionen Tonnen und Deutschland mit über 1,1 Millionen Tonnen.

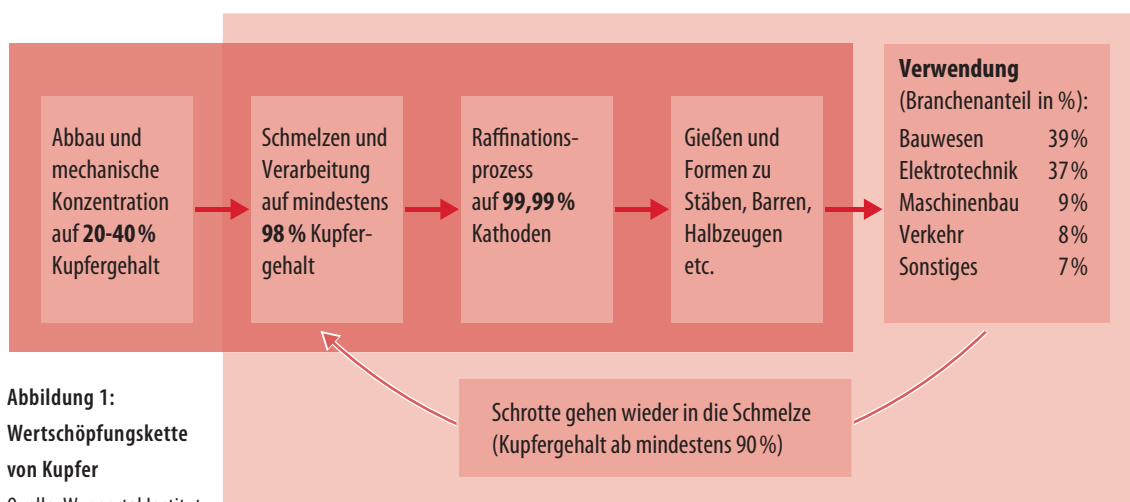
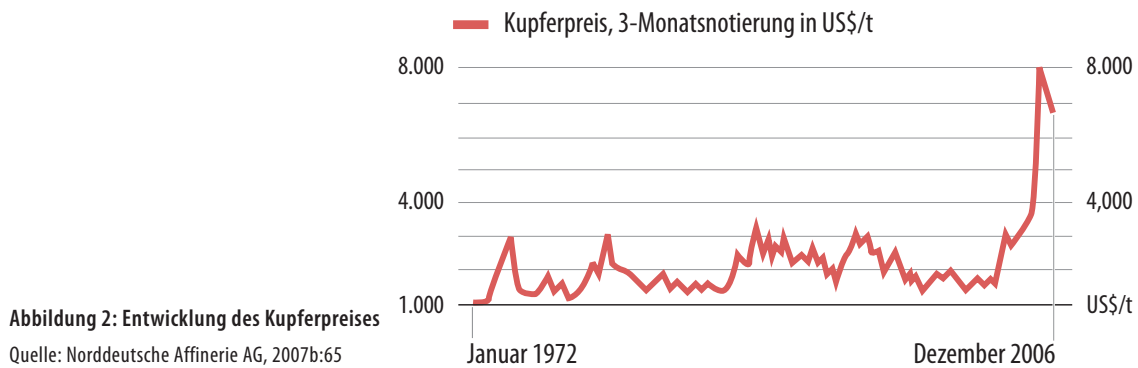
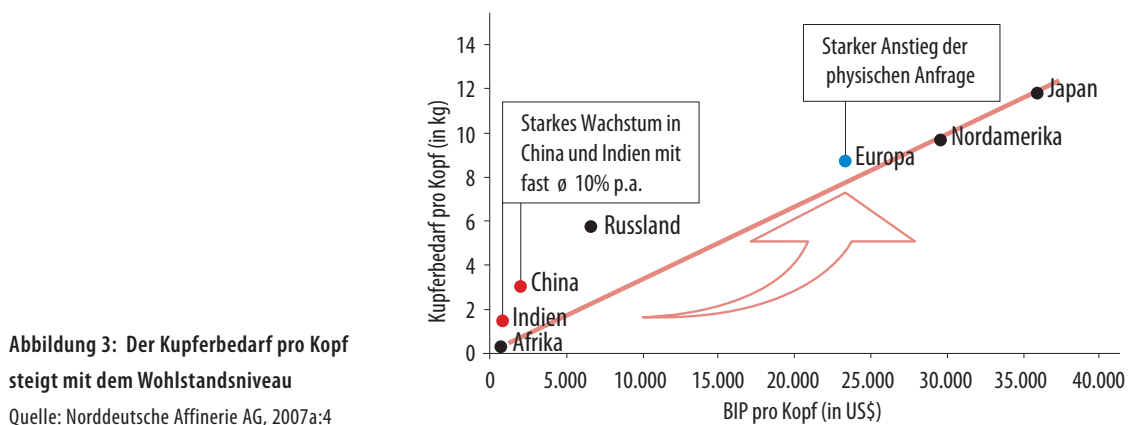


Abbildung 1:
Wertschöpfungskette
von Kupfer

Quelle: Wuppertal Institut



Die hohe Nachfrage konnte kurzfristig nicht durch die vorhandenen Minenkapazitäten gedeckt werden. In Folge dessen stieg der Preis zwischen 2003 und 2006 von 1500 Dollar auf knapp 8.000 Dollar pro Tonne (siehe Abbildung 2) (BGR/RWI/ISI 2006:71). In 2007 hat sich der Preis aufgrund von Schwankungen im Finanzsektor um die 7000 Dollar pro Tonne gehalten. Mittelfristige Preisprognosen sind schwierig. Die hohe Nachfrage nach Kupfer aus den Schwellenländern wird anhalten, da ein enger Zusammenhang zwischen Industrialisierung und Kupferbedarf besteht (siehe Abbildung 3). Fraglich ist jedoch, ob durch zusätzliche Minenkapazitäten wieder genügend Angebot geschaffen wird. Für diesen Fall wäre eine Absenkung des Kupferpreises möglich, wenngleich dieser erheblich über dem langfristigen Durchschnitt liegen wird (IKB 2007:10).



Ökologische Herausforderungen und Konkurrenz um Rohstoffe

Aus dem wachsenden Bedarf an Kupfer in den Schwellenländern entstehen ökologische und ökonomische Herausforderungen. Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung bieten hier Antworten, die nicht nur ökologisch sinnvoll, sondern auch wirtschaftlich attraktiv sind. Deutschland verfügt über keinen Kupferbergbau und muss 100 Prozent der Kupferkonzentrate zur Primärerzeugung einführen. China und andere Staaten reagieren auf die neue Situation mit Importsubventionen, Exportzöllen, bilateraler Vertragspolitik und staatlichen Investitionen in den Auslandsbergbau. Die Folge sind Wettbewerbsverzerrungen im Zugang zu Rohstoffen und Sekundärrohstoffen (siehe hierzu auch Deutsche Bundesregierung 2007). Gleichzeitig untergraben die regen Auslandsinvestitionen Chinas in Afrika und Asien humanitäre und ökologische Standards. Die steigende Nachfrage auf hohem Preisniveau führt zu einer Expansion des Bergbaus in neue Gebiete und zur Erschließung minderwertiger Vorkommen. Je nach Abbaumethode und Technikeinsatz nimmt die Umweltbelastung zu. Beispielsweise wird in

Chile durch den starken Preisanstieg in kleineren Minen die Produktion wieder aufgenommen. Umweltstandards werden oft nicht eingehalten und die Exploration findet in ökologisch sensiblen Gebieten statt. Gleichzeitig gibt es massive Probleme mit der Energie- und Wasserversorgung. Es bedarf deshalb verbindlicher Ziele und Indikatoren zur Verbesserung der Umweltsituation (vgl. Giurco 2005; sowie Schüller 2006; BGR 2007).

Preisentwicklung und Rohstoffproduktivität

Die Auswirkungen der Preisentwicklung auf Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung waren zu Beginn des Dialogprozesses ein wichtiges Thema. Es wurde deutlich, dass trotz der hohen Preise die Substitutionspotenziale begrenzt sind, da Kupfer als Leiterwerkstoff in der Elektrotechnik unverzichtbar ist. Gleichzeitig gehen Wachstumsimpulse für den Kupfergebrauch von der Dezentralisierung der Energiewirtschaft, den schnellen Innovationszyklen bei IKT-Endgeräten und der Elektronisierung in Fahrzeugen aus. In diesen Wachstumsfeldern kann die Verbesserung der Rohstoffproduktivität dazu beitragen, die Nachfrage nach Kupfer zu dämpfen.

Kupferproduktion und -verarbeitung in Deutschland finden auf hohem technischem Niveau statt. Hier wurde bereits in der Vergangenheit die Energie- und Materialeffizienz stetig verbessert und die Umweltbelastung verringert (EPEA 2004). Impulse für energie- und materialsparende Innovationen in der Kupferindustrie gehen auch vom Umweltinnovationsprogramm des BMU aus.

Ressourcenschonung durch Innovationen in der Kupferherstellung

Das Bundesumweltministerium unterstützt die Errichtung eines innovativen Schmelzofens zur Herstellung von Kupfer in Osnabrück (Niedersachsen). Die KM Europa Metal AG plant, einen bisher nur in der Aluminiumindustrie eingesetzten kippbaren Drehtrommelofen zu modifizieren und zum energieeffizienten Schmelzen und Raffinieren von Kupfer einzusetzen. Das Vorhaben wird vom Bundesumweltministerium mit rund 1,3 Millionen Euro aus dem Umweltinnovationsprogramm gefördert.

Im Rahmen des Vorhabens soll erstmalig ein kippbarer Drehtrommelofen aus der Aluminiumindustrie zum Schmelzen und Raffinieren von Sekundärkupfer eingesetzt werden. Der kippbare, neue Ofen verfügt im Gegensatz zu den bisher in der Kupferindustrie eingesetzten Drehtrommelöfen über nur eine Öffnung. Dadurch können Abgase optimal erfasst und diffuse Emissionen auf ein Minimum reduziert werden. Zudem wird eine verbesserte Energieausnutzung gegenüber beidseitig offenen Drehtrommelöfen erreicht. Im Vergleich zu den bisherigen Verfahren werden 10-20 % Energieeinsparung erzielt.

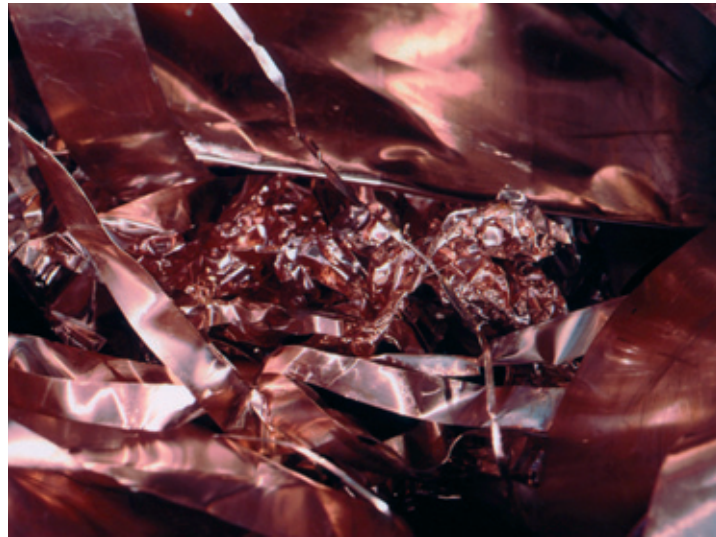


Bedeutung des Recyclings

Kupfer ist zu 100 Prozent recycelbar. Deswegen wird bei Kupfer auch nicht von einem Verbrauch, wie bei fossilen Energierohstoffen, sondern von einem Gebrauch gesprochen. Auch wenn keine geologische Knappheit an Kupfer besteht, so wird Recycling schon seit Beginn der Kupfernutzung aus ökonomischen Gründen betrieben. Schätzungen gehen davon aus, dass 90 Prozent des vom Menschen gewonnen Kupfer noch heute im Gebrauch ist. Der Recyclinganteil beträgt in Deutschland 55 Prozent (BGR/RWI/ISI2006:72) und weltweit 13 Prozent (ebd. 258). Kupferschrotte werden hierbei auf einem internationalen Markt gehandelt.

Kupferrecycling und Ressourcenschonung

Für importabhängige Verbrauchsländer wie Deutschland ist ein hoher Recyclinganteil unter zwei Aspekten von Bedeutung: Kostenersparnis und Versorgungssicherheit. Die Verarbeitung von Sekun-



därrohstoffen – vor allem aus dem inländischen Aufkommen – verringert die benötigten Importe und entlastet die Handelsbilanz (RWTH 2002). Auch die Bundesregierung misst der Steigerung des Recyclings von Metallen angesichts der Preisentwicklung auf den Welt-Rohstoffmärkten eine große Bedeutung zu (Deutsche Bundesregierung 2007:9f.).

Aus umweltpolitischer Sicht bietet das Kupferrecycling erhebliche Potenziale. Belastungen durch Bergbau und Transport entfallen. Die Verarbeitung von Sekundärressourcen benötigt wesentlich weniger Energie als die Produktion von Kupfer aus Kupferkonzentraten und ist mit geringeren Umweltbelastungen verbunden (Ayres et al. 2002:9).

Vom Recycling zum Urban Mining

In der öffentlichen Wahrnehmung sind Recyclingstrategien eng mit umweltpolitischen Anliegen verknüpft. Aus ressourcenpolitischer Sicht wird Recycling zur neuen Rohstoffquelle. „Lagerstätten“ befinden sich in bestehender Infrastruktur, Bauwerken und Konsumgütern. Bei der Erschließung dieser Lagerstätten spricht man in Analogie zur Primärgewinnung in den Bergwerken vom „Urban Mining“. In der Schweiz sind bereits Untersuchungen durchgeführt worden, um Umfang und räumliche Verteilung des anthropogenen Kupferlagers abzuschätzen (Wittmer 2006).



„Kupfer ist als wichtigstes Funktionsmetall der Menschheit seit jeher ein HiTech-Werkstoff der jeweiligen Epoche. Die damit einher gehende hohe Wertschätzung für dieses Metall hat schon immer zu einer weitgehenden Sammlung und Wiederverwertung geführt. Man schätzt daher, dass gegenwärtig deutlich über 80 Prozent allen jemals von der Menschheit geförderten Kupfers noch im Gebrauch ist. Denn im Gegensatz zu vielen anderen Stoffkreisläufen kann Kupferrecycling beliebig oft ohne jegliche Qualitätseinbuße wiederholt werden. Die Herausforderungen der Zukunft liegen darin, die Potenziale von Kupfer auf den Gebieten Energie- und Ressourceneffizienz, Automatisierung und Miniaturisierung sowie Gesundheit optimal zu nutzen. Vornehmlich die herausragenden funktionalen Eigenschaften dieses Metalls und seiner Legierungen insbesondere auf den Gebieten der elektrischen und thermischen Leitfähigkeit und der antimikrobiellen Wirkung bilden dazu die Basis.“

Dr. Anton Klassert, Geschäftsführer des Deutschen Kupferinstituts

2 Handlungsempfehlungen aus dem Dialogprozess

Im Dialogprozess wurden gemeinsam mit Vertretern/Vertreterinnen aus Industrie, Politik und Wissenschaft in Interviews und Workshops Handlungsempfehlungen erarbeitet. Diese greifen sowohl industrie- als auch umweltpolitische Aspekte auf, um die Schnittmenge zwischen beiden Bereichen zu vergrößern. Die ausgewählten Maßnahmenvorschläge orientieren sich an den Interviews und den Rankings durch die Teilnehmer/Teilnehmerinnen im Rahmen des Dialogprozesses.

Nachfolgend wird jedes Aktionsfeld mit seinen Potenzialabschätzungen zum Kupfergebrauch und den damit verbundenen Problemen und Hemmnissen zur Verbesserung der Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung kurz beschrieben. Danach werden mögliche Handlungsvorschläge gemacht, die sowohl industriepolitische, als auch umweltpolitische und regulatorische Lösungsansätze beinhalten.

2.1 Potenziale und Maßnahmen im Aktionsfeld Fahrzeugbau und Fahrzeugelektronik

Kupfereinsatz in der Produktion

Auf die enorme Bedeutung der Kupfernachfrage aus der Automobilwirtschaft für die Kupferproduktion hat der Bordnetzexperte (Dr.-Ing. Wolfgang Steuff) der Firma Leoni AG hingewiesen. Seine Berechnungen gehen von folgenden Annahmen aus:

Kupferbedarf der Automobilindustrie im Bereich der Bordnetze: Trendannahme

PKW-Produktion pro Jahr weltweit (2006): ca. 45 Mio. PKW

Technische Annahmen (Kabelbaum-Längen):

- bis zu 1.500 Leitungen à durchschnittlich 2 m,
 - ca. 800 m in der Kompaktklasse,
 - ca. 3.000 m in der Premiumklasse,
- durchschnittlich ca. 20 kg Kupfer pro PKW-Bordnetz = 900.000 t/a

Nutzfahrzeuge: ca. 16 Mio. à ca. 40 kg Kupfer pro Nutzfahrzeug-Bordnetz = 600.000 t/a.

Schlussfolgerung: Der weltweite Kupferbedarf für Bordnetze in Fahrzeugen in Höhe von 1,5 Mio. t/a entspricht ca. 10 % der weltweiten Kupfer-Minenproduktion. Quelle: Steuff, 2006.



Nach eigenen Berechnungen des Wuppertal Instituts wird es im deutschen Fahrzeugbestand in den nächsten zwanzig Jahren zu einer Verdopplung des Kupfereinsatzes kommen, von aktuell ca. 22 kg auf ca. 40 kg im Durchschnitt der Pkw-Flotte im deutschen Pkw-Bestand (vgl. Lucas et al. 2007). Dieser zusätzliche Kupfereinsatz ist vor allem bedingt durch die zahlreichen zusätzlichen elektrischen und elektronischen Funktionen in der Bordnetzarchitektur, die im Rahmen sog. Zusatzpakete auch in der Vermarktung eine immer größere Rolle spielen. Hierbei können drei Bereiche unterschieden werden: Erhöhung der Sicherheit, bessere Steuerung der einzelnen Aggregate und Erweiterung der Komfort- und Unterhaltungsfunktionen (z.B. der Audi A8 mit Side Assist, dem Lane Assist, der Adaptive Air Suspension, dem Parking System, dem Advanced Sound System etc.). Mit dieser Entwicklung wird das bisher rein mechanische Grundkonzept in verschiedenen Bereichen der Kraftfahrzeugelektronik in ein hochkomplexes mechatronisches System überführt. Längen und Gewichte der Kabelbäume sind in den letzten Jahren rapide gewachsen. So werden schätzungsweise in einem Mittelklassefahrzeug 3-6 km Kabelbaum bei einem Gesamtgewicht von 60-70 kg verarbeitet (mit einem Kupferanteil von etwa einem Drittel). Dies variiert je nach Ausstattung.

Aufgrund der Leichtbaustrategien der Fahrzeughersteller sind aber auch Anstrengungen zu beobachten, innerhalb der Fahrzeugelektronik den Materialeinsatz zu optimieren. „Sieht man sich die Entwicklung der Kupferkosten innerhalb der vergangenen zwölf Monate an, so liegt die Erkenntnis nicht fern, dass neue Konzepte zur Miniaturisierung gefunden werden müssen. Aber auch die CO₂-Diskussion und die zu erwartenden neuen Grenzwerte zwingen uns, Masse und Gewicht signifikant zu reduzieren.“ (Best/Vandeveld 2007:19f.)

Vor dem Hintergrund eines weiteren funktionalen Wachstums der Borelektronik werden mögliche Effizienzgewinne im Bereich des Materialeinsatzes von Kupfer wieder kompensiert. Trotzdem sind sie wichtig, um das Wachstum der Kupfernachfrage zu dämpfen. Im Rahmen der bestehenden Fahrzeugkonzepte ist eine absolute Verringerung des Kupfereinsatzes eher unwahrscheinlich. Daher sollte auch über gänzlich neue Fahrzeugkonzepte nachgedacht werden, welche nicht dem Trend zur weiteren elektronischen Aufrüstung der Fahrzeuge folgen.

Ansatzpunkte und Hemmnisse zur Reduzierung des Kupfereinsatzes in bestehenden Fahrzeugkonzepten

Vor etwa zwei Jahren wurde die 42V-Spannung für Bordnetze eingeführt, die sich aber bisher in Serienfahrzeugen als technologische Innovation nicht richtig durchsetzen konnte. Dabei wird die ursprüngliche 14V-Spannung verdreifacht, aber für die gleiche Leistung nur ein Drittel der Stromstärke benötigt. Dies ermöglicht eine Verringerung der Kabelstärken und damit eine Gewichts- und Materialeinsparung beim Kupfer von ca. 60 %. Das Thema Spannung in der Kfz-Elektrik erhält durch die Entwicklung von Hybrid-Fahrzeugen neue Aktualität. Die zusätzliche Spannungsebene für den Elektroantrieb muss zwischen den Aggregaten verteilt werden; auch bestehen neue technische Herausforderungen, das konventionelle Bordnetz mit dem Hybrid-Bordnetz zu integrieren. Die elektrische Versorgung (Energieversorgung) der Geräte erfolgt über Kupfer mit den entsprechend etablierten CAN- und LIN-Bussystemen. Daran wird sich nach Aussage eines Experten der Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen Aachen (fka) in Zukunft auch nicht viel ändern.



Innovationsorientierung für eine Optimierung des Kupfereinsatzes in der Fahrzeugelektronik:

- Entwicklung neuer, innovativer Fahrzeugkonzepte, die auf eine Reduzierung des Materialverbrauchs und der Materialvielfalt ausgerichtet sind (erheblicher weiterer Forschungsbedarf)
- Optimierung und Abstimmung der E/E-Architektur zur Gewichtsreduktion (Miniaturisierung, Funktionsintegration, gewichtsreduzierte Bordnetze)
- Entwicklung neuer, funktionsangepasster Kupferlegierungen
- Materialreduzierung und Miniaturisierung von Bordnetzen durch neue Leitungs- und Kontaktteiltechnologien
- Qualitätsmanagement (als ein Beitrag zur Produktdauerverlängerung)
- Substitution von Kupfer durch Aluminium in der Hochstromenergieversorgung (z.B. Batteriekabel)

Substitutionsmöglichkeiten

Aufgrund des anhaltenden Preisanstiegs von Kupfer wird Aluminium als elektrischer Leiter im Bordnetz immer interessanter. Zudem bietet es ein hohes Potenzial zur Gewichtsreduzierung – insbesondere bei kleineren Kabelquerschnitten, die gewichtsmäßig den größten Anteil im Leitungssatz haben. Mit dem neuen Werkstoff stellen sich jedoch auch große Herausforderungen. So zeigt Aluminium generell schlechtere mechanische Eigenschaften und erfordert neue Verbindungstechnologien und Steckerkonzepte.

Substitutionsmöglichkeiten von Kupfer durch Glasfaser bestehen vor allem bei der Vernetzung von verschiedenen Komponenten der Signalübertragung im Infotainmentbereich. Hier kommen bereits verschiedene BUS-Systeme (z.B. der MOST-Bus = Media Oriented Systems Transport, ein Netzwerk für Multimediadaten) zum Einsatz, welche aufgrund ihrer besseren Übertragungsraten mit

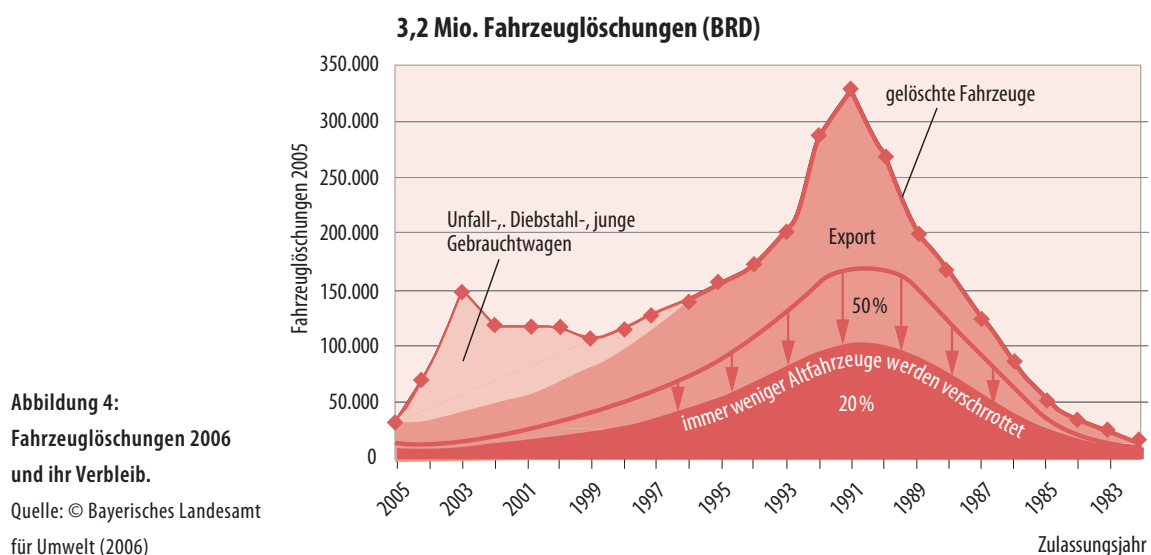
Glasfaserkabeln entwickelt wurden. Kabellose (Wireless) Anwendungen für die Automobilelektronik scheitern nach Aussagen von Experten/Expertinnen an der großen Störanfälligkeit.

Kupferrecycling am Ende der Nutzungsphase

Das Abfallregime mit seinen hohen Umweltstandards gerät bei der Altautoentsorgung zunehmend in eine Konkurrenzsituation zu verschiedenen Teilmärkten wie dem Gebrauchtwagenhandel, dem Handel mit demontierten Einzelkomponenten und mit Schrotten. Von jährlich mehr als 3,2 Millionen gelöschten Fahrzeugen (KBA 2007a) wird nur noch eine halbe Million in Deutschland verwertet (BVSE 2006). Ein großer Teil geht als Gebrauchtwagen in den Export, nicht nur in EU-Staaten, sondern auch nach Westafrika (etwa 100.000-130.000 Fahrzeuge pro Jahr), Osteuropa oder in andere Nicht-EU-Staaten (Nahe und Mittlerer Osten; Südamerika) (siehe Abbildung 4). Die Fahrzeuge sind schätzungsweise zwischen 12-17 Jahre alt und weisen nach deutschen Maßstäben eine schlechte Gesamtqualität auf (vgl. Osyguß 2006; UBA 2007). Nicht mehr gebrauchstaugliche Fahrzeuge werden bei mangelhafter oder fehlender Infrastruktur in diesen Ländern mit teilweise fehlenden oder mangelnden Umwelt- und Gesundheitsstandards recycelt.

Beispielsweise werden Metalle in den Katalysatoren (div. Edel- und Buntmetalle, PGM etc.) in der Regel nicht zurück gewonnen (z.B. in Afrika). Die Fahrzeuge werden bei schlechten Straßen- und Wartungsbedingungen genutzt, was zur Zerstörung und zu diffusen Verlusten von Platingruppenmetallen führt (Hagelücken et al. 2005). Dies führt wiederum zu unwiederbringlichen Rohstoffverlusten sowie erheblichen Umweltbeeinträchtigungen (UBA 2007). Die beschriebene Problematik von Exporten in Länder ohne ausreichende Recyclingstrukturen umfasst neben ganzen Fahrzeugen auch teilweise demontierte und exportierte Ersatzteile. Über die Relevanz dieser Mengenströme liegen bisher nur Einzelerkenntnisse aus Fallstudien vor (Lucas 2002). Das Rohstoffpotenzial dieser stillgelegten Altfahrzeuge ist hoch. Bei einem durchschnittlichen Kupferanteil von etwa 15-20 kg pro Fahrzeug (Produktionsjahr 1993) würden bei 3,2 Mio. gelöschten Fahrzeugen ca. 60.000 Tonnen Kupfer im Jahr dem nationalen Rohstoffkreislauf wieder zur Verfügung stehen.

Es gibt verschiedene Ansatzpunkte und Maßnahmenoptionen, die beschriebenen Probleme zu verringern. Nachfolgend werden hierzu erste Vorschläge dargestellt, die Anregungen aus dem Dialogprozess aufgreifen und weiter entwickeln. Die Vorschläge müssen noch im Rahmen weiterer Expertenrunden auf ihre praktische Umsetzung überprüft werden.





„Wenn wir es nicht schaffen, trotz anspruchsvoller Regelungen im Umweltbereich unsere Sekundärrohstoffe in Europa zurück zu gewinnen und wieder einzusetzen, zahlen wir letztendlich alle die Zeche dafür. Wir werden bestraft durch Ökodumping, negative Klimaauswirkungen und weitere Engpässe beim Rohstoffeinkauf. Darüber hinaus verlieren wir die Know-How-Führerschaft für Recyclingtechniken. Wir sind aufgefordert, die Hemmnisse für den Einsatz der Sekundärrohstoffe zu identifizieren, das Image derselben zu verbessern und den Export der Vormaterialien (z.B. Altfahrzeuge, E-Schrott) hin zu Low-Level-Anlagen in asiatische Länder zu stoppen.“

Dr. Beate Kummer, Umweltkommunikation/Presse, Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen (BDSV)

Auf diese komplexe Ausgangssituation mit unübersichtlichen Akteursketten sollte nach Einschätzung des Wuppertal Instituts mit einem neuen Instrumentenmix reagiert werden, der sowohl regulatorische Maßnahmen, informatorische Instrumente als auch ökonomische Anreize umfasst. Diese Instrumente müssen sich auf die konkrete Entscheidungssituation und Praktiken einzelner Akteure bzw. Akteursgruppen beziehen. Hierbei werden unterschiedliche Zielbereiche berührt:

1. Aus ressourcenpolitischer Sicht besteht ein Interesse der Recyclingindustrie, den Input an Altfahrzeugen in das deutsche und europäische Entsorgungssystem zu erhöhen.
2. Aus umweltpolitischer Sicht besteht die Notwendigkeit, den Export von Gebrauchtwagen mit offensichtlichen Funktionsmängeln, die zu Umweltrisiken beim weiteren Betrieb führen, zu unterbinden.
3. Des Weiteren müssen die bestehenden Bestimmungen zum Verbot des Exports von Altfahrzeugen in Nicht-OECD Länder so weit operationalisiert werden, dass für die Zollbehörden und andere Vollzugsorgane klare Kriterien entwickelt werden, um zwischen einem alten Gebrauchtwagen und einem Altfahrzeug (fahruntauglich, Schrott) unterscheiden zu können und illegale Marktpraktiken wie Falschdeklaration zu unterbinden.
4. Mittelfristig gilt es, eine internationale Kreislaufwirtschaft aufzubauen (UBA 2007:33), die mit gleichen Recyclingstandards operiert. Zur Behebung des Technologiegefälles kann der Technologietransfer in die Schwellenländer eine wichtige Rolle spielen.

Der Dialog mit den verschiedenen Akteuren des Projekts ergab, dass es verschiedene Ansatzpunkte und Maßnahmenoptionen gibt, diese Zielbereiche miteinander zu verbinden. Nachfolgend werden hierzu erste Vorschläge entwickelt, die im Rahmen weiterer Expertenrunden auf ihre praktische Umsetzung überprüft werden müssen.

Informatorische und regulative Maßnahmen an der Schnittstelle zwischen Gebrauchtwagenmarkt und Abfallwirtschaft

Zunächst muss das Handlungsfeld präziser gefasst werden, da es nicht darum geht, den Handel mit gebrauchten Produkten generell in Frage zu stellen. Es sollen vor allem Praktiken unterbunden werden, die zu einer räumlichen Verlagerung von Umweltproblemen führen. Insbesondere sollten Fahrzeuge, die nicht mehr fahrtauglich sind und/oder ein erhebliches Umweltrisiko darstellen, dem Abfallregime zugeführt werden. Hierzu wurden im Rahmen des Dialogprozesses verschiedene Maßnahmenvorschläge diskutiert.

Maßnahmenvorschlag 1: Breit angelegte Marketingkampagne der Recyclingwirtschaft und der Automobilindustrie

Die für die Altautoentsorgung zuständigen Branchen stellen sich in umfassender Weise der Wettbewerbssituation mit dem Gebrauchtwagenhandel. Die Akquisition von gelöschten Fahrzeugen für das Abfallregime wird nicht länger mehr nur auf dem Niveau von Kleinanzeigen in Werbeblättern betrieben, die von den kleinen Entsorgungsbetrieben geschaltet werden. Darin werben Entsorgungsbetriebe mit einer Entsorgungsprämie von 50 €, einer umweltgerechten Demontage und Rücknahme, sowie Abhol- und Abmeldeservice im Rahmen der Altfahrzeug-Verordnung.

Eine solche Kampagne könnte unter das Motto „Wo soll mein Altauto sterben“ gestellt oder mit dem Slogan „Second Life für das Altauto“ an verschiedene Zielgruppen (z.B. Altfahrzeugbesitzer, Händler,

2 Handlungsempfehlungen aus dem Dialogprozess

Werkstätten etc.) gerichtet werden. Neben klaren Aussagen zur Preiswürdigkeit alter PKWs werden die Vorteile der hohen Umweltstandards der deutschen und EU-weiten Altautoentsorgung vermittelt. Auch werden Informationen über die Risiken der Exporte alter Gebrauchtwagen und über die wertvollen Sekundärrohstoffe, die in jedem Fahrzeug schlummern, allgemein verständlich dargestellt. Ziel einer solchen Kampagne ist es, den Entscheidungsprozess der Verbraucher/Verbraucherinnen als Letztbesitzer/Letztbesitzerin eines Fahrzeuges für alternative Entsorgungskonzepte zu gewinnen. In der konkreten Umsetzung sollten Kommunikationsmedien eingesetzt werden, die die verschiedenen Zielgruppen in ihrem alltäglichen Kontext ansprechen, wie z.B. Plakate auf Großflächen und City Lights im Stadtbild, Anzeigen in Tageszeitungen, ein Internetportal mit interessanten Informationen und Tipps zur Abgabe der Fahrzeuge usw.

Eine derartige Kampagne sollte von der Automobilindustrie finanziell unterstützt werden, indem beispielsweise ein Marketingfond aufgebaut wird, dessen Mittel aus den Werbetats der Automobilindustrie bereitgestellt werden. Eine solche Refinanzierung entspricht der gesetzlich festgeschriebenen Produktverantwortung der Automobilindustrie. Als Multiplikatoren einbezogen werden sollten auch Verbraucher- und Umweltverbände sowie die Automobil- und Verkehrsclubs. Für einen derartigen Kommunikationsansatz gibt es bereits gute Vorbilder. Beispielsweise wirbt das Recycling-Unternehmen Interseroh mit dem Slogan „Gutes kommt wieder“ bei seinen Kunden für Stahlrecycling. Umicore wirbt bei einer Elektronikschrott-Kampagne mit folgendem Plakat (s. Abb. 5).



Abbildung 5: Beispiel-Kampagne für das Schrott-Recycling.

Quelle: Hagelüken 2007/Umicore Precious Metals Refining

Maßnahmenvorschlag 2: Erweiterte Deklarationspflichten für Exporteure aus OECD-Staaten

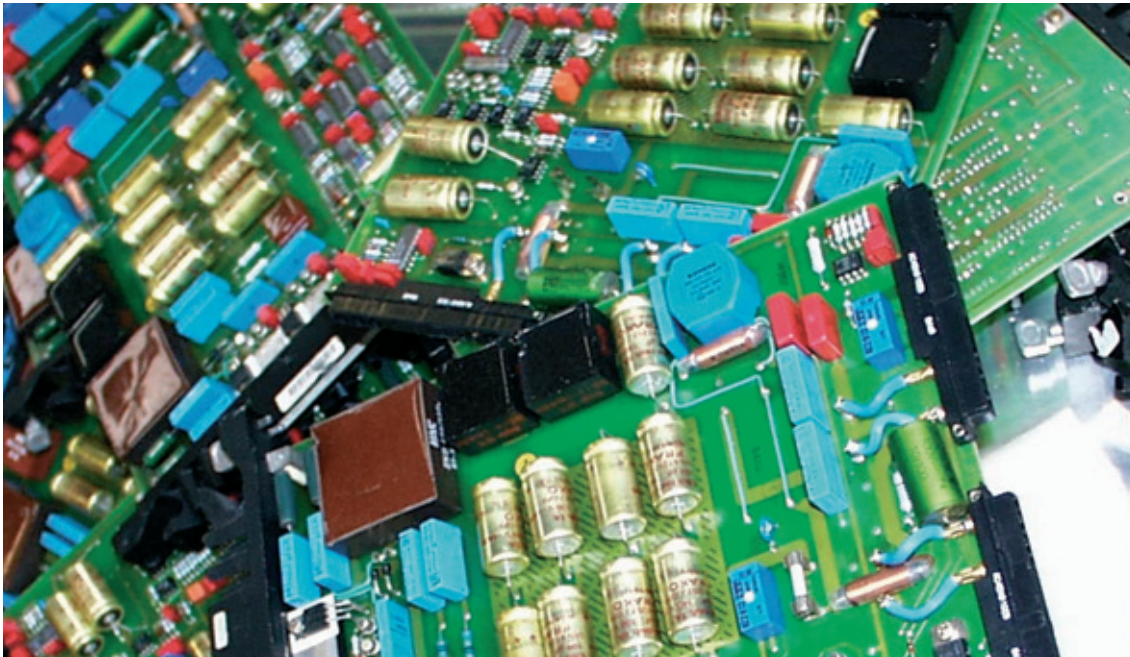
Die Exporteure alter Gebrauchtwagen (ab 12 Jahre) werden generell zu folgenden zusätzlichen Angaben verpflichtet: Angabe des Fahrzeugtyps (Schlüsselnummer), Fahrzeuggewicht, Zielland des Exports für jedes Fahrzeug. Damit wird die bisherige Praxis verändert, die eine Deklaration an einen bestimmten Ausfuhrwert knüpft. Diese Angaben dienen dazu, überhaupt eine vernünftige Basis für das Stoffstrommanagement von alten Gebrauchtwagen zu bekommen und werden im Rahmen des nationalen Monitoringberichts dargestellt.

Des Weiteren sollte der Exporteur zu Funktionsprüfungen verpflichtet werden, die insbesondere folgende Schadensrisiken ausschließen:

- den Austritt von Betriebsstoffen in die Umwelt und
- den Austritt von Luftschadstoffen aufgrund einer defekten Auspuffanlage.

Dieser Katalog ist gegebenenfalls um allgemeine Kriterien der Funktionstauglichkeit zu erweitern.

Allerdings ist zu beachten, dass eine einfache Überprüfbarkeit gegeben sein muss, um den möglichen Kontrollaufwand möglichst gering zu halten. Der Exporteur sollte verpflichtend erklären, dass diese Risiken nicht bestehen. Dies gibt den Zollbehörden die Handhabe, durch stichprobenartige Überprüfung diejenigen Fahrzeuge aussondern zu können, die mit offensichtlichen Umweltrisiken verbunden sind. Eine stärkere Reglementierung des Abfallexports in Nicht-OECD-Staaten wird in Kapitel 2.3.1 erläutert.



2.2 Potenziale und Maßnahmen im Aktionsfeld Informations- und Kommunikationstechnologien

In den letzten drei Jahrzehnten haben die Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) Wirtschaft und Gesellschaft durchdrungen. Meilensteine dieser Entwicklung sind die Steigerungen der Rechnerleistungen, der Siegeszug des Internets und der Übergang zur mobilen Telekommunikation.

Für die Entwicklung dieser Technologien und Produkte war und ist Kupfer als Material zur Stromversorgung und Datenübertragung essenziell. Kein IKT-Gerät kommt ohne Kupfer aus. Auch die Datenübertragung erfolgte ursprünglich über kupferbasierte Netze – allerdings mit zwei Ausnahmen: Der Rundfunk wurde als Funktechnologie konzipiert und das Fernsehen setzte auf die terrestrische Sendetechnologie. Spätestens mit der Einführung der Mobilfunktechnologien entwickelten sich Alternativen zum Festnetz, die nicht nur für die Telekommunikation, sondern auch für die Datenübertragung (z.B. Fernsehen, Internet) zunehmend an Bedeutung gewinnen. Allerdings gab und gibt es auch gegenläufige Entwicklungen. Beispielsweise wurde in den 60er Jahren das Kabelfernsehen als Alternative zum terrestrischen Fernsehen eingeführt. Seit den 90er Jahren werden die kupferbasierten Telekommunikationsnetze zunehmend durch Glasfasernetze ergänzt bzw. ersetzt.

Das Aktionsfeld IKT ist durch heterogene Akteurs- und Produktstrukturen auf globaler Ebene charakterisiert. Weitere Kennzeichen sind die hohe Innovationsrate, eine steigende Akzeptanz (Marktdurchdringung, Nutzerzahlen) der Technologien sowie die Endgeräte-Produktvielfalt. IKT-Produkte sind hinsichtlich des Recyclings eine Besonderheit, da sie hochkomplex sind und aus einer Vielzahl von Materialien in geringen Mengen bestehen. Angesichts einer globalen Wertschöpfungskette ist auch den Herstellern oft

nicht die stoffliche Zusammensetzung ihrer Produkte bekannt. Ein weiteres wichtiges Charakteristikum ist das Vorhandensein von multiplen Netzinfrastrukturen zwischen Fest- und Mobilfunknetz.

Kupfer in IKT-Endgeräten und der Netzinfrastruktur

Die Verwendung von Kupfer im Aktionsfeld IKT kann zur besseren Charakterisierung der Ressourceninanspruchnahme in die Bereiche der peripheren Endgeräte und der Netzinfrastruktur aufgeteilt werden. Die Stromversorgung für den IKT-Bereich wurde nicht im Rahmen des Forschungsvorhabens betrachtet. Unter IKT-Endgeräte fallen zahlreiche Gerätetypen und Geräte, die sich in ihrer Funktion teilweise überschneiden wie z.B. Geräte zur Datenverarbeitung, Datenspeicher, Bildsysteme, Bildaufzeichnungs- und/oder -wiedergabegeräte sowie Kommunikationssysteme. Der Anteil von Kupfer in diesen Geräten ist konstruktionsbedingt sehr unterschiedlich:

- Fernsehgeräte können bis zu 3 % Kupfer enthalten (Behrendt et al. 1998);
- Computer können bis zu 5-7 % und alte Monitore bis zu 8 % Kupfer enthalten (Soldera 1995);
- Laptops enthalten bis zu 16 % Kupfer (Hagelüken 2007);
- Unterhaltungselektronik kann ca. 4 % Kupfer enthalten (Wittmer 2006:98) und
- ein modernes Handy enthält ca. 15 % Kupfer (Hagelüken 2007).

Allein für den geschätzten Bestand von 630 Millionen Handys in den USA liegt der Anteil des Kupfers bei ca. 10.000 t (Sullivan 2006). Hagelüken schätzt den Bestand an Kupfer in 1 Mrd. Handys auf ca. 9.000 t und den in 230 Mio. Laptops auf ca. 115.000 t (Hagelüken 2007). Erdmann et al. schätzten für einige typische IKT-Geräte den Kupferanteil im Bestand 1999 auf mehr als 60.000 t in Deutschland (dies. 2004:149). Wittmer schätzt für die Schweiz, dass ca. 21.000 t Kupfer in Unterhaltungselektronik und Bürogeräten vorhanden sind (ders. 2006:86).

Quantitative Aussagen über die Nutzung von Kupfer für Telekommunikationsnetze gibt es nur für die Schweiz. Wittmer schätzt, dass diese ca. 117.000 t für Fernmeldekabel und Koaxialkabel beträgt (ebd.:51). Pro Einwohner werden somit 16 kg Kupfer für die Telekommunikation genutzt. Wesentlich größere Mengen – mehr als 600.000 t – werden im Stromnetz genutzt (ebd.:84f.). Überträgt man diese Werte auf Deutschland, so erhält man eine Kupfermasse von ca. 1,3 Mio. t. Nicht erfasst ist hierbei die Netzinfrastruktur (Netzvermittlungsstellen, Schaltkästen etc.).

Handlungsbedingungen und Perspektiven im Bereich der Endgeräte

Für die Entwicklung von Strategien und Maßnahmen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz müssen einige marktspezifische Rahmenbedingungen beachtet werden:

- IKT-Produkte werden zunehmend kostengünstiger produziert durch Ausschöpfung aller möglichen Handlungsansätze. Ein geringerer Kupfereinsatz in den Geräten führt nur zu geringen Kostensenkungen.
- IKT-Geräte werden immer kürzer genutzt aufgrund der hohen technologischen Innovationsrate.
- Weiterhin hat der weitgehende Preisverfall für IKT-Produkte zu einer Wegwerfkultur geführt.
- Es gibt eine mangelhafte Erfassung insbesondere der kleinen Elektrogeräte zur Weiternutzung, zur Wiederverwendung und/oder zur Verwertung.
- Die produzierende Industrie hat eine Vielzahl von Maßnahmen ergriffen, um den Anforderungen der WEEE-Richtlinie (Waste Electrical and Electronic Equipment) und anderer Anforderungen gerecht zu werden. Zu nennen sind beispielsweise die Aktivitäten von EICTA (European Information & Communications Technology Industry Association) zur Umsetzung der WEEE-Richtlinie oder die StEP-Initiative der United Nations University (Solving the E-waste Problem), in denen Hersteller von IKT-Produkten die Elektroschrotthematik angehen.

Maßnahmen auf der Ebene der Produktentwicklung berühren sowohl Fragen der technischen Entwicklung als auch des Nutzerverhaltens. Im technischen Bereich werden derzeit vor allem die Multifunktionalität und Miniaturisierung bei IKT-Geräten weiter vorangetrieben. Diese bieten als Handlungsansatz Potenziale für die Minderung des Kupfereinsatzes. Es besteht jedoch Forschungsbedarf, um das Potenzial dieses Handlungsansatzes abzuschätzen. Gegensätzlich verläuft das Konsumverhalten der Nutzer, die in einigen IKT-Segmenten wie z.B. Fernsehgeräten immer größere und ressourcenaufwändigere Modelle nachfragen. In anderen IKT-Segmenten führt die rasche Innovation zu größeren Produktumsätzen (Handys, Navigationsgeräte). Angesichts dieser gegenläufigen Trends – dem Angebot von zumeist immer kleineren und multifunktionalen Produkten der Industrie sowie den steigenden Konsumentenansprüchen mit mangelhafter Produktrückführung – ist ungewiss, wie die Rohstoffeffizienz gesteigert werden kann. Ein möglicher Ansatz wäre, bestehende Strategien zur Nutzungsdauerverlängerung besser mit den Dienstleistungsstrategien, die sich bisher auf die Rückführung ihrer ausgedienten Produkte konzentrieren, mit denen der Hersteller zu verknüpfen. Denkbar wären insbesondere „Austauschangebote“ an die Kunden/Kundinnen, ältere Geräte gegen neue einzutauschen. Generell wird erwartet, dass die politischen Handlungsspielräume zur weiteren Entwicklung der Infrastruktur bedeutend größer sind als im Endgerätebereich.

Ressourceneffizienz bei Telekommunikationsnetzen

In den letzten Jahrzehnten haben sich Technologien etabliert, die auf unterschiedlichen Netzen basieren: Kabel- und leitungsgestützte Systeme (Festnetz und Kabelnetz mit hohem Kupferanteil) sowie Funksysteme (mobile Kommunikation sowohl terrestrisch als auch über Satellit). Parallel zu den Angeboten der neuen Medien (Highspeed-Datenübertragung, Wireless Communication, mobile Navigation, Download von Filmen etc.) nimmt der Bedarf an leistungsstarken Übertragungswegen für große Datenmengen zu.

Aufgrund dieser Problemlage ist seitens der Umweltpolitik nach gemeinsamen Schnittstellen zwischen den Ressourceneffizienzstrategien, der Produktpolitik und der Infrastrukturpolitik (Netzausbau) zu suchen. Berücksichtigte man nur den materiellen Ressourceneinsatz, müsste Umweltpolitik Möglichkeiten aufzeigen, wie die leitungsunabhängige Kommunikation gefördert werden kann, da Funktechnologien in deutlich geringerem Umfang auf Kupfer zurückgreifen als die Kupfernetze (Faist Emmenegger et al. 2003:20ff.). Allerdings zeigt diese Studie auch deutlich, dass



2 Handlungsempfehlungen aus dem Dialogprozess

mit zunehmenden Nutzungsmöglichkeiten der kabellosen Netze auch die Nutzung dieser Netze steigen wird. Eine gewichtige Wirkung hierbei ist, dass der Energieverbrauch dieser Netze stetig steigen wird. Weiterhin ist zu vermuten, dass die zumindest prinzipiell kupfereffizientere Technologie des Mobilfunks – im Vergleich zum Festnetz – mit zunehmender Nutzung des Mobilfunks einen höheren Kupferbedarf nach sich ziehen könnte. So hat beispielsweise die Einführung der UMTS-Technologie dazu geführt, dass zusätzlich zum GSM-System mehrere Tausend Basisstationen in Deutschland errichtet wurden. Weitere Technologien, die mit noch geringeren Sendeleistungen arbeiten, müssen dementsprechend in größerem Umfang auf mehr Basisstationen zurückgreifen. Da es jedoch nur wenig Informationen über die Nutzung von Kupfer bei unterschiedlichen Funktechnologien gibt, sind weitere Untersuchungen notwendig. Eines der hoffnungsvollsten Substitute für Kupfer als Medium für den Informationstransport ist die Glasfaser, da diese höhere Bandbreiten als Kupferkabel aufweist. Im Verbindungsnetz beginnt sie sich in den Industriestaaten durchzusetzen. Im Anschlussnetz hingegen liegt zumeist eine Kupferverkabelung vor, nur in ausgewählten Modellregionen wurde auch das Anschlussnetz mit Glasfaser umgesetzt. Aufgrund der hohen Kosten für die Schnittstelle zwischen der Glasfaser im Anschlussnetz und der kupferbasierten Hausverkabelung ist es zur Zeit kostengünstiger, parallel zur Glasfaser auch Kupferkabel neu zu verlegen. Insgesamt gesehen liegen jedoch bisher keine vergleichenden Öko-Bilanzen zwischen Kupfer- und Glasfaserkabel vor, um die jeweiligen Umwelteffekte abschätzen zu können.

Mögliche Maßnahmenorientierungen in diesem Themenkomplex sind

- *Forschungsvorhaben zur Ökobilanzierung der Datenübertragung per Festnetz und Mobilfunk sowie den Vergleich von Kupfer- und Glasfaserkabeln;*
- *Forschungsprogramm: kostengünstige Glasfaserschnittstellen IKT;*
- *Aufbau eines materialbezogenen Infrastruktorkatasters der Telekommunikationsnetze.*



Rückführung und Recycling von Kleingeräten im Alltag

Aufgrund wenig valider Daten hinsichtlich der Erfassung von Elektroaltgeräten sind Aussagen über die Wirksamkeit der Erfassung und des Recyclings von Kupfer nur schwierig zu treffen. Die geordnete Erfassung (Rückgabe und Sammlung) von nicht mehr nutzbaren IKT-Produkten ist vermutlich das größte Problem beim Recycling von kupferhaltigen Geräten. Dieses Problem entsteht nicht so sehr aufgrund der vorhandenen Erfassungssysteme, die entweder auf Basis des Elektrogesetzes gebildet oder von umweltbewussten Unternehmen schon zuvor initiiert worden sind. Es gibt zahlreiche Ursachen, die möglicherweise die geordnete Erfassung erschweren:

- Je kleiner ein Elektroaltgerät ist, um so eher kann ein Eigentümer dieses Gerät auf bequeme Weise über die Haushaltstonne entsorgen.
- Eigentlich nicht mehr nutzbare Geräte werden von „Händlern“ z.B. unmittelbar an den Einfahrten der regulären Sammelstellen kostenlos abgenommen und zur „Weiternutzung“ exportiert.
- In den Haushalten haben sich inzwischen größere Lager von Elektroaltgeräten gebildet.

Es ist zu vermuten, dass der private Konsument eine wesentliche Schwachstelle in der Erfassung ist, da im gewerblichen Bereich eine geordnete Entsorgung von IKT-Produkten weitgehend üblich ist. Ursachen auf der Konsumentenseite können ein mangelndes Bewusstsein um die Werthaltigkeit sowie Barrieren bei der Rückgabe der alten IKT-Produkte sein. Dies wird auch von den Akteuren der Recyclingbranche und der Sekundärmetallhersteller bestätigt, die sich deutlich unzufrieden über die unzureichende Rückführung alter Elektroaltgeräte wie z.B. Handys äußern.

2 Handlungsempfehlungen aus dem Dialogprozess

Das alte Handy – Der Schatz in der Schublade

Metall	Metallgewicht pro Handy (mg)	Hochrechnung auf 100 Mio. Handys (Kg)	Wert (12.2007)	Metallwert in den Handys
Silber	250	25.000	320 €/kg	8,0 Mio. €
Gold	24	2.400	17.700 €/kg	42,5 Mio. €
Palladium	9	900	11.250 €/kg	10,1 Mio. €
Kupfer	9.000	900.000	524 €/100kg	4,7 Mio. €
Gesamt				65,3 Mio. €

Möglicherweise werden in Deutschland mehr als 100 Millionen Handys für unbestimmte Zwecke aufbewahrt. Diese und höhere Zahlen sind Schätzungen von Recyclern, die durchaus plausibel erscheinen angesichts von allein 6,5 Millionen neuen Mobilfunkteilnehmer/-teilnehmerinnen in 2006 (gesamt 82,6 Mio. Verträge) und einer Penetrationsrate von 104 % in Deutschland (TNS-Infratest 2007:134). 100 Millionen Handys stellen einen hohen Materialwert dar, auch wenn sie nicht mehr funktionsfähig sind. Auf Basis der Analyse der stofflichen Zusammensetzung von Handys nach Hagelüken (ebd. 2007) würden 100 Millionen Handys unter Berücksichtigung der Rohstoffpreise vom Dezember 2007 und aller Edelmetalle einem Gesamtwert von 65,3 Mio. € enthalten (Hagelüken 2007).

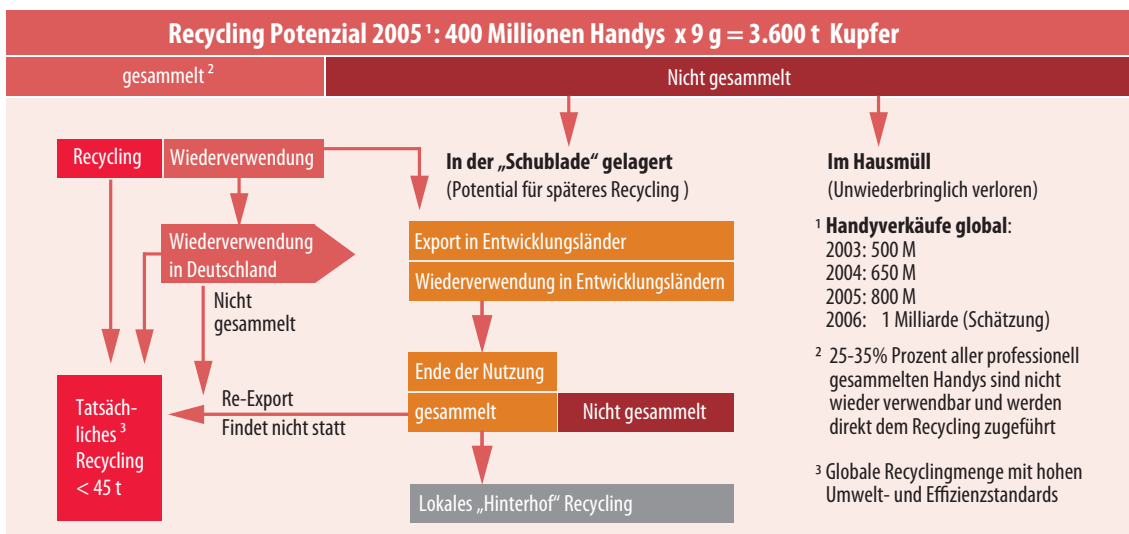


Abbildung 6: Recycling Potenzial von Handys

Quelle: Hagelüken 2007, EMFI (Metallpreise), eigene Berechnungen.

Von besonderer Bedeutung ist des Weiteren die Art des Recyclings. Um das Recycling der wachsenden Elektro- und Elektronikaltgerätemengen zu ermöglichen, hat die EU im Jahr 2002 die Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (2002/96/EG) vom 27.03.2001 erlassen, die in Deutschland durch das ElektroG vom 16.03.2005 umgesetzt wurde. Auf EU-Ebene ist eine Mindesterfassungsquote von 4 kg Altgeräten je Einwohner pro Jahr festgelegt worden. Die Verwertungsquoten sind gewichtsbezogen und unspezifisch bezüglich einzelner Stoffe. Diese unspezifische Ausrichtung der Quoten ermöglicht der Recyclingindustrie große Handlungsspielräume in der Zielerreichung, können aber für einzelne Stoffgruppen der Ressourceneffizienz zuwider laufen. Beispielsweise kann es aus Ressourcen- oder Kostenerwägungen sinnvoller sein, eher 1 g seltener Metalle wie z.B. Platin oder Indium wiederzugewinnen, als 1 kg Aluminium oder 100 kg Kunststoff, wenn hierdurch über den Lebenszyklus der Stoffe hinweg eine größere Umwelteffizienz zu erreichen ist.

2 Handlungsempfehlungen aus dem Dialogprozess



Generell gilt: „erfassen – bewahren – gewinnen“:

„Altgeräte müssen möglichst vollständig erfasst und dem Recycling zugeführt werden, Sammelquoten von 4 kg/Kopf (WEEE-directive) sind hier weit zu gering, Kampagnen kombiniert mit „bequemen“ Rückgabemöglichkeiten, aber auch Pfandsysteme können wichtige flankierende Maßnahmen sein. Sammeln reicht aber nicht, solange nicht sichergestellt ist, dass die Geräte in eine leistungsfähige Recyclingkette gelangen und dort auch verarbeitet werden. Dem Monitoring bis zum Letztverarbeiter sowie der Unterbindung illegaler Altgeräteexporte kommt bei der Bewahrung unserer Sekundärrohstoffe eine Schlüsselrolle zu.“

Schließlich gilt es durch Einsatz moderner Technologien und optimierter Akteurskooperationen auch die Rückgewinnung der ökonomisch und ökologisch wichtigen Edel- und Sondermetalle zu forcieren. Massebasierte Recyclingquoten helfen hier wenig, wichtiger wäre der Nachweis, dass kritische Fraktionen wie Leiterplatten oder Handys tatsächlich auch Europas „High Tech“ Verarbeitungsverfahren zugeführt werden.“

Dr. Christian Hagelüken, Leiter Geschäftsentwicklung und Marketing, Umicore Precious Metals Refining

Mögliche Maßnahmen in diesem Themenkomplex sind deshalb:

- Vereinfachung der Rückgabe von IKT-Kleinprodukten (Sammelboxen analog der Batteriesammlung oder Zusammenführung der bestehenden Sammelsysteme, sehr hohe Bewertung von den Teilnehmer/Teilnehmerinnen in den durchgeführten Dialog-Workshops);
- Pfand für Elektro- und Elektronik-Kleinprodukte;
- Stoffflussmanagement für IKT-Altprodukte mit einer verbesserten Datenerfassung;
- Zusammenführung von Sammelsystemen zur Vereinfachung der Rückführung z.B. von kleinen IKT-Produkten;
- Verbraucherkampagne und (Schul)-Bildungsprojekte: Zeitloses Design und nachhaltige Nutzung von Produkten (sehr hohe Bewertung s.o.);
- Verlängerung der gesetzlichen Garantiezeit;
- Vor diesem Hintergrund sollte auch über eine Anpassung der Recyclingstrategie der EU nachgedacht werden, um eine differenzierte Erfassung seltener Metalle zu forcieren.

Good-Practice-Beispiel – Greener Solutions – Refurbishment und Sammlung

Die Greener Solutions GmbH in München ist ein Unternehmen, welches sich auf die Wiederverwertung und das Recycling von gebrauchten Mobiltelefonen und Druckerpatronen spezialisiert hat. Die angebotenen Dienstleistungen richten sich an Unternehmen, karitative Institutionen oder Initiativen, die einen Beitrag zum Umweltschutz leisten wollen. Im Mittelpunkt der Aktionen steht das ‚Refurbishment‘ – d.h. die Aufarbeitung und Wiedernutzung gebrauchter Geräte – in Verbindung mit karitativen Zwecken bzw. einem geordneten Recycling nicht mehr nutzbarer Geräte.

Eines der Angebote von Greener Solutions ist Handy2Cash. Hierbei können Institutionen, private Gruppen oder Firmen Sammelaktionen für nicht mehr genutzte Mobiltelefone veranstalten. Greener Solutions prüft und repariert instandsetzungsfähige Handys, die dann an Dritte weiterverkauft werden. Nicht-instandsetzungsfähige Handys werden dem Recycling zugeführt. Für die eingesammelten Handys wird ein Pauschalpreis, unabhängig von Hersteller, Modell oder Alter, gezahlt. Der so gesammelte Betrag kann entweder an eine bestimmte Wohltätigkeitsorganisation weitergegeben werden oder in ein Kunden-Incentive umgewandelt werden.

In Zusammenarbeit mit Unternehmen – z.B. Vodafone – können Unternehmenskunden ihre nicht mehr genutzten Handys auch mit voradressierten und portofreien Recyclingumschlägen einschicken.

Quelle: <http://www.greenerolutions.de/>.



2.3 Übergreifende Strategien – Internationale Regulierung von Stoffströmen

Im übergreifenden Strategieteil haben die Teilnehmer/Teilnehmerinnen den Maßnahmen „Klare und vollzogene EU-Exportregeln für Abfall- und Schrottexporte“ sowie „WTO-Vereinbarung zum Abbau von Handelshemmnissen und Wettbewerbsverzerrung im Bereich der Sekundärrohstoffe“ eine hohe Bewertung im Ranking gegeben. Zu weitergehenden Maßnahmen, die insbesondere auch die Primärproduktion umfassen, sei auf die Studie des Wuppertal Instituts zur internationalen Dimension von nachhaltigem Ressourcenmanagement verwiesen (Bleischwitz/ Bringezu 2007).

Abfluss der Sekundärrohstoffe in Volkswirtschaften mit niedrigeren Recyclingstandards

Eine Studie der EPEA Internationale Umweltforschung GmbH hat die Umweltbelastung von Kupferhütten und Recyclingbetrieben weltweit verglichen und stellt eine hohe Spannweite bezüglich des Recyclingniveaus weltweit fest (EPEA 2004). Der Energieverbrauch variiert je nach eingesetzter Recyclingtechnologie und Vormaterial um den Faktor 2-20. Auch die sonstigen Umwelteffekte können äußerst gering oder sogar negativ ausfallen.

Greenpeace (2006) hat in einer Studie die Auswirkungen des Recyclings von Elektronikschrott in China und Indien aufgezeigt. Ausgediente Geräte werden dort von Hand auf offener Straße auseinander genommen, Platinen in starke Säure getaucht und über offenem Feuer geschmolzen. Giftige Schwermetalle und organische Schadstoffe entweichen in Luft und Wasser. Unbrauchbarer Schrott landet auf wild wachsenden Müllbergen.

Die Teilnehmer/Teilnehmerinnen des Dialogprozesses haben den Abfluss von Sekundärrohstoffen in Volkswirtschaften mit niedrigen ökologischen Recyclingstandards als wichtiges Problem bei der Erreichung einer höheren Rohstoffproduktivität bewertet. So ist der Recyclinganteil bei Kupfer in Europa von 49 Prozent in 2000 auf 41 Prozent in 2005 gefallen (ICSG 2007:22).

Kupferhaltige Abfälle wie Kabel- und Elektroschrotte sind aufgrund der massiven Preissteigerungen für Kupfer zu begehrten Handelsgütern geworden. Da in China und anderen Schwellenländern Umwelt- und Sozialstandards wesentlich geringer sind als in Europa, erzielen Recyclingunternehmen aus diesen Ländern höhere Gewinnmargen und können höhere Weltmarktpreise für Schrotte zahlen. Gleichzeitig subventioniert die chinesische Regierung aus strategischen Gründen die Einfuhr von Schrottmaterialien. Der Export nach Europa wird hingegen durch Exportzölle unterbunden. Hierdurch fließen die Sekundärrohstoffe einseitig nach China.

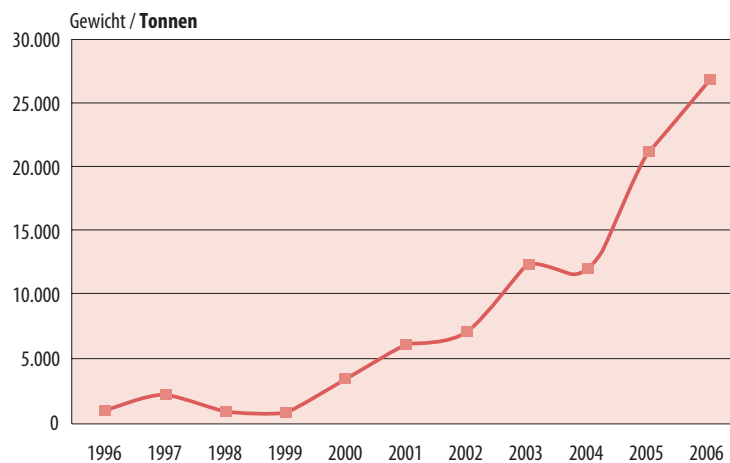


Abbildung 7:
Elektroschrottrecycling in der VR China.
Quelle: Norddeutsche Affinerie 2007

Abbildung 9 (Seite 21 unten):
Schrottexport im Hamburger Hafen
Quelle: Deutsche Umwelthilfe

Abbildung 8: Rasant steigende Kupferschrottexporte aus reinem, raffinierten Kupfer von Deutschland in die VR China.

Quelle: Statistisches Bundesamt, 2008



Konsequenz ist, dass Sekundärrohstoffe aus Europa einem umweltgerechten Recycling entzogen werden. Diese Lücke in der Materialverantwortung wirkt sich negativ auf Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung aus. Die hieraus resultierende geringe Auslastung von Recyclinganlagen mindert die Investitionsbereitschaft und verlangsamt die Modernisierung des Recyclingsektors.

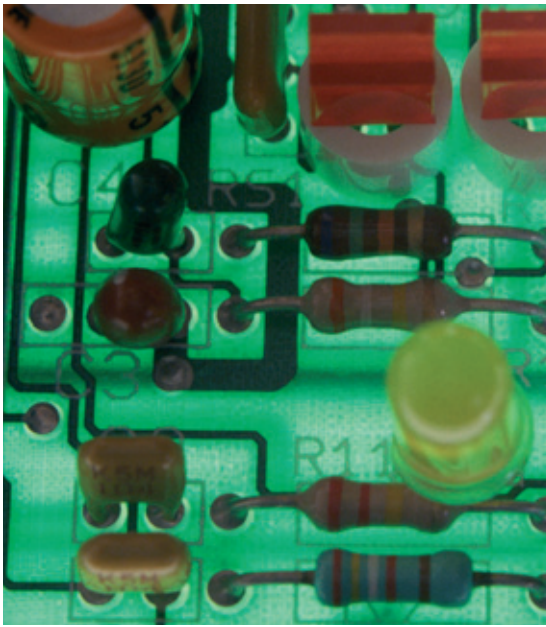
Klare EU-weite Regeln für Exporte

Die Schnittstelle von Gebrauchsgüter- und Abfallexporten ist aus Sicht der Teilnehmer/Teilnehmerinnen ein zentrales Problem, um eine hohe Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung zu erreichen. Ein derzeit nicht quantifizierbarer Anteil aller EU-Gebrauchsgüterexporte ist falsch deklariert. Es fehlen rechtsverbindliche Kriterien für eine klare Abgrenzung zwischen Gebrauchsgüter- und Abfallgütern. Grundsätzlich sind strengere Abgangskontrollen in den EU-Häfen und -Außengrenzen notwendig. Auch das Umweltbundesamt hat in einer Studie durch das Öko-Institut und Umicore Precious Metals Refining die Ausfuhrpraktiken für Elektroschrott und Altfahrzeuge im Hamburger Hafen untersucht (UBA 2007).

Elektro- und Elektronikaltgeräte

Die in allen EU-Mitgliedsstaaten geltende Verordnung über die Verbringung von Abfällen (VVA) verbietet den Export von gefährlichen Abfällen zur Verwertung in Nicht-OECD-Länder. Hierbei soll die ab 2007 geltende Anlaufstellen-Leitlinie über die Verbringung von Elektro- und Elektronik-





Altgeräten helfen, Elektrogeräte in Gebrauchsgüter und Abfälle zu unterscheiden (Anlaufstelle Basler Übereinkommen, 2007). Beispiel hierfür ist der Nachweis der Funktionsfähigkeit, um zu bestimmen, ob es sich um verwendbare und somit exportierbare Altgeräte oder um Elektroschrott handelt. Diese Richtlinie ist allerdings nicht rechtsverbindlich, so dass eine unterschiedliche Handhabung der Zollbehörden möglich ist. Hier fordern die Teilnehmer/Teilnehmerinnen des Dialogprozesses rechtsverbindliche und effektiv vollzogene Regelungen. Die Studien zur Elektro- und Elektronik-Altgeräterichtlinie von Ökopol/ iiee/ RPA (2007) und der United Nations University (2007) beleuchten diese Problematik genauer. Weiterhin sollte die statistische Erfassung in der EU verbessert werden. So gibt es keine differenzierte Ausweisung von Neuwaren und Gebrauchsgütern für Elektrogeräte. Dies trägt erheblich zur Intransparenz bei. Hier wären Vorschläge Deutschlands innerhalb der EU wünschenswert.

Illegale Altautoexporte

Der Export von Altautos in Nicht-OECD-Länder ist nach dem Abfallrecht verboten, während er für Gebrauchtwagen im Rahmen des freien Warenverkehrs erlaubt ist. Das Umweltbundesamt schätzt, dass ca. zehn Prozent aller nach Afrika und Asien exportierten Gebrauchtwagen eigentlich Altfahrzeuge sind. Diese werden falsch deklariert ausgeführt, um sie der Regulierung der Abfallverbringungsverordnung zu entziehen und dann im Ausland nach ihrer zweiten Nutzungsphase unter in der Regel mangelhaften Umweltstandards zu recyceln.

Problematisch ist die unscharfe Abgrenzung zwischen Gebrauchtwagen und Altautos. Die Teilnehmer/Teilnehmerinnen des Dialogprozesses schlagen klarere Kriterien ähnlich der Anlaufstellen-Leitlinie für Elektroschrott vor. Die Fahrtüchtigkeit könnte an Kriterien wie beispielsweise Zustand von Bereifung und Auspuffanlage, Leckagen o.ä. festgemacht werden. Die Studie des Umweltbundesamtes betont, dass diese Regelungen in der EU einheitlich getroffen werden müssten, um Ausweicheffekte in Häfen von Nachbarländern zu vermeiden (2007). Aus Sicht des Wuppertal Instituts wäre zu prüfen, ob Separierung und Export von Elektronikteilen aus Altautos nicht ähnlichen Regelungen wie bei Elektrogeräten zu unterwerfen wären.

Weiterhin ist in Deutschland der Verbleib von 2,5 Millionen jährlich stillgelegten Pkws statistisch nicht vollständig erfasst. Auch hier ist wie beim Elektroschrott ein besseres Monitoring erforderlich.

WTO-Vereinbarung zu Sekundärrohstoffen

Kupferschrott darf im Gegensatz zu Elektroschrott und Altautos nach China und in andere Nicht-OECD-Staaten exportiert werden. Hier fordern die Teilnehmer und Teilnehmerinnen, dass in diesen Staaten mit den gleichen Recyclingstandards gearbeitet werden muss wie in Deutschland. Weiterhin sollten Handelshemmnisse und Wettbewerbsverzerrungen durch Importsubventionen und Exportzölle abgebaut werden, um ein ökologisch nachhaltiges Recycling in Europa weiterhin zu ermöglichen. Dies ist ebenfalls zentraler Punkt zur Stärkung des Recyclings in der Rohstoffstrategie der Bundesregierung (Deutsche Bundesregierung 2007:11).

Aus Sicht der Teilnehmer/Teilnehmerinnen sollte ein Abkommen zu Sekundärrohstoffen im Rahmen der WTO das Ziel sein. In dieser Vereinbarung sollten sich die Mitgliedsstaaten verpflichten, Importsubventionen und Exportzölle abzubauen. Weiterhin sollte es internationale Verarbeitungs-, Recycling- und Entsorgungsstandards auf hohem umweltpolitischem Schutzniveau festschreiben. Außerdem schlagen Teilnehmer/Teilnehmerinnen vor, die Europäische Union solle als Reaktion auf niedrige chinesische Recyclingstandards und Außenhandelspraktiken kurzfristig Exportzölle auf Kupferschrotte erheben.

Weitere Maßnahmenvorschläge sind ebenfalls von den Akteuren als prioritär eingestuft worden (siehe ausführlich im Ergebnisprotokoll der AG Kupfer unter www.ressourcenproduktivitaet.de):

- **Einheitliche hohe Standards für Recyclinganlagen in der EU.** Durch den gemeinsamen Binnenmarkt können nicht gefährliche Abfälle und Schrotte in der Europäischen Union frei gehandelt werden. Dabei wird das deutsche Deponierungsverbot für die Schredderleichtfraktion durch den Export umgangen (vgl. Niedersächsisches Umweltministerium 2007);
- **Bilaterale Kooperation beim Aufbau einer modernen Entsorgungsinfrastruktur und Redistributionslogistik.** Kernpunkte solcher Kooperationen könnte der Aufbau einer modernen Entsorgungsinfrastruktur, Technologietransfer sowie die Entwicklung und Implementierung von Umweltstandards sein. Diese Kooperationen könnten mittelfristig durch bilaterale Handelsabkommen der EU mit China und anderen Schwellenländern ergänzt werden.
- **Aufbau einer globalen Recyclingwirtschaft.** Voraussetzungen für eine globale Recyclingwirtschaft sind mehr Transparenz über die tatsächlichen Stoffströme, weltweiter Aufbau lokal leistungsfähiger Recyclinginfrastrukturen und die Einrichtung und Beachtung globaler Umweltstandards für das Recycling.

Die Erhöhung der Rohstoffproduktivität durch Recycling benötigt einen integrierten Politikansatz. Kurzfristig sind Maßnahmen gegen den Abfluss von Sekundärrohstoffen nötig. Mittelfristig sollten multilaterale Handels- und Umweltregeln Marktverzerrungen und einen Unterbietungswettlauf bei Umweltstandards verhindern. Es liegen große Chancen in einem Dialog mit der VR China und anderen Schwellenländern. Deutschland könnte den Aufbau von Kreislaufwirtschaften mit dem Transfer von Umweltnormen und Technologie unterstützen.





3 Kupfereffizienz braucht Verständigung

Die vorgestellten Strategien und Maßnahmen wurden in enger Zusammenarbeit mit Experten/Expertinnen aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verbänden und Politik erarbeitet. Von den beteiligten Unternehmen und Institutionen wurde mehrfach das Interesse bekundet, den begonnenen Dialog weiter fortzuführen, da einige Fragen einer Vertiefung bedürfen. Für die nachfolgenden Themenfelder sollte der Teilnehmerkreis erweitert und gezielt weitere Experten/Expertinnen einbezogen werden:

- Der produktspezifische Ansatz (Einsatz von Kupfer in der Autoelektronik und in Endgeräten der Unterhaltungselektronik) sollte fortgeführt werden. Er bietet die Möglichkeit, unterschiedliche Akteure in diesen Produktketten zusammenzuführen und sowohl industrie- als auch verbraucherpolitische Perspektiven zu verfolgen. Aufgrund der globalen Produktionsstrukturen sollten auch internationale Experten/Expertinnen und Vertreter/Vertreterinnen der Minenindustrie einbezogen werden.
- Eine weitere wichtige Erweiterungsnotwendigkeit ist die Einbeziehung der Akteure aus den Infrastrukturbereichen Energie und Verkehr. Eine Urban-Mining-Strategie macht nur Sinn, wenn diejenigen, die Infrastrukturen planen, bauen und nutzen, ihren Sachverstand zum Thema „Rückgewinnung“ einbringen können. Eine wichtige Rolle spielt hierbei die kommunale Ebene und deren Kenntnisse über die eingesetzten Materialien in Wohngebäuden und Infrastrukturen.
- Die gemeinsame Entwicklung eines von der Industrie vorgeschlagenen Regulierungsansatzes für die Sekundärrohstoffwirtschaft kann nur in Übereinstimmung mit den WTO-Regeln erfolgen. Ordnungspolitische Fragen sollten in Arbeitsgruppen weiter vertieft werden. Stoffflüsse sollten vollständig statistisch erfasst werden. Mit den wichtigsten Zielländern von Altprodukten und Sekundärrohstoffen sollten bilaterale Abkommen zu Handels- und Umweltfragen angestrebt werden.
- Eine weitere Herausforderung ist die Abstimmung von kurzfristigen und langfristigen Maßnahmen. Kurzfristige Erfolge werden gebraucht, um Akteure zu motivieren und das Thema „Ressourceneffizienz Kupfer“ weiter voranzubringen. Strategisch ist jedoch zu fragen, wie eine Einzelmaßnahme auf der Ebene der gesamten Volkswirtschaft wirkt und ob unbeabsichtigte Folgen in anderen Bereichen ausgeschlossen werden können. Dies spricht für ein langfristig angelegtes Evaluationsprogramm, welches in enger Zusammenarbeit mit den bestehenden Netzwerken der Kupferindustrie und dem Kupferinstitut in Düsseldorf durchgeführt werden sollte.

Um diese und andere Aufgaben einer Lösung zuzuführen, ist es wichtig, den begonnenen Zukunftsdialog zur Verbesserung von Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung fortzusetzen und zu erweitern.

Anlaufstelle Basler Übereinkommen (2007): Anlaufstellen-Leitlinien Nr. 1 über die Verbringung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten.
URL: http://www.umweltdaten.de/abfallwirtschaft/gav/Anlaufstellen_Leitlinien_Nr_1.pdf. (Stand: 06.02.08)

Ayres, R. U.; Ayres, L. W.; Råde, I. (2002): The Life Cycle of Copper, its Co-Products and By-Products. Center for the Management of Environmental Resources INSEAD: Fontainebleau, Frankreich. Physical Resource Development, School of Physics, Chalmers University of Technology: Gothenburg, Schweden.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2005): Demontage und Verwertung von Altfahrzeugen in Bayern – Situationsbericht. Präsentation. Augsburg.

BDSV = Bundesvereinigung deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen (2007):

Statement von Dr. Beate Kummer beim 2. Expertenworkshop des Wuppertal Instituts – Zukunftsdialog Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung vom 05.09.2007, Berlin.

Behrendt, S.; Kreibich, R.; Lundie, S.; Pfitzner, R.; Scharp, M. (1998): Ökobilanzierung komplexer Elektronikprodukte. Innovationen und Umweltentlastungspotenziale durch Lebenszyklusanalyse. Berlin, Heidelberg, New York.

Best, S. W.; Vandevelde, S. (2007): Die Herausforderung: Entwickeln einer optimalen E/E-Architektur. Exklusivinterview mit Stefaan Vandevelde, Delphi. In: Automobil Elektronik, 2007, Ausgabe 4, S. 18-20.

BGR/ISI/RWI Essen = Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung; Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (2006): Trends der Angebots- und Nachfragesituation bei mineralischen Rohstoffen. Forschungsprojekt Nr. 09/05 des BMWi.

Bleischwitz, R.; Bringezu, S. (2007): Global resource management: conflict potential and characteristics of a global governance regime. Stiftung Entwicklung und Frieden. Policy Paper, Nr. 27, Bonn.

URL: http://www.sef-bonn.org/download/publikationen/policy_paper/pp_27_en.pdf. (Stand 06.02.08)

BMU = Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2006):

Bundesumweltministerium fördert innovative Anlage zur Kupferherstellung in Osnabrück.

Pressemitteilung Nr. 272/06 vom 20.10.2006. Berlin.

URL: http://www.bmu.de/pressemitteilungen/aktuelle_pressemitteilungen/pm/38012.php (Stand 07.01.08)

BVSE = Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (2006): Der Markt für Sekundärrohstoffe 2005/2006.

Deutsche Bundesregierung (2007): Elemente einer Rohstoffstrategie der Bundesregierung.

URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/elemente-rohstoffstrategie,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>. (Stand 07.01.2008)

Deutsches Kupferinstitut (2007): Kupfer – Werkstoff der Menschheit. Deutsches Kupferinstitut, Düsseldorf.

URL: http://www.kupferinstitut.de/front_frame/pdf/Kupfer-%20Werkstoff%20der%20Menschheit.pdfhttp://www.kupferinstitut.de/front_frame/pdf/Kupfer-%20Werkstoff%20der%20Menschheit.pdf. (Stand 06.02.2008)

EPEA = EPEA Internationale Umweltforschung GmbH (2004): Vergleichende Untersuchung zur umweltverträglichen Kupferherstellung. Zusammenfassung. Hamburg.

Erdmann, L.; Handke, V.; Klinski, S.; Behrendt, S.; Scharp, M. (2004): Nachhaltige Bestandsbewirtschaftung knapper Ressourcen am Beispiel von Kupfer und Blei. Werkstattbericht 68. IZT: Berlin.

Europäische Gemeinschaft (2000): EG-Richtlinie 2000/53/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 18.9.2000 über Altfahrzeuge. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 21.10.2000, L269/34.

Faist Emmenegger, M.; Frischknecht, R.; Jungbluth, N. (2003): LCA des Mobilfunksystems UMTS. ETHZ: Uster, Schweiz.

Giurco, D. (2005): Towards sustainable metal cycles. The case of copper. Dissertation. Universität Sydney: Sydney, Australien.

Greenpeace Research Laboratories (2005): Recycling of electronic wastes in China and India: workplace and environmental contamination. University of Exeter: Exeter, Vereinigtes Königreich.

Hagelüken, C. (2007): The challenge of open cycles – barriers to a closed loop economy (consumer electronics and cars). Präsentation. Umicore Precious Metals Refining. Vortrag vom 03.09.07 auf R'07 World Congress. Davos, Schweiz.

Hagelüken, C.; Buchert, M.; Stahl, H. (2005): Stoffströme der Platingruppenmetalle. Systemanalyse und Maßnahmen für eine nachhaltige Optimierung der Stoffströme der Platingruppenmetalle. Umicore Precious Metal Refining in Kooperation mit dem Öko-Institut e.V.: Clausthal-Zellerfeld.

ICSG = International Copper Study Group (2007): The World Copper Factbook. Lissabon, Portugal.

IKB Deutsche Industriebank AG (2007): Rohstoffmärkte. IKB Branchenbericht November 2007. Düsseldorf.

KBA = Kraftfahrt-Bundesamt (2007a): Jahresbericht 2006. Flensburg.

KBA = Kraftfahrt-Bundesamt (2007b): Löschungen im Jahr 2006 nach Fahrzeugklassen und Ländern.

URL: http://www.kba.de/Abt3_neu/FZ/Loeschungen/a_eckdaten.htm. (Stand 08.01.08).

- Lucas, R. (2002):** Dienstleistungsnetzwerke im Spannungsfeld von regionaler Bindung und externen Anforderungen: das Beispiel Autoverwertung. In: **Bosch, Gerhard (Hg.) (2002):** Die Zukunft von Dienstleistungen: ihre Auswirkung auf Arbeit, Umwelt und Lebensqualität. Frankfurt/Main u.a.: Campus, S. 401-421.
- Lucas, R.; Röhr, A.; Scharp, M.; Bleischwitz, R. (2007):** Das Rohstoffsystem Kupfer – Status Quo, Perspektiven und Handlungsbedarf aus Sicht einer nachhaltigen Ressourcenpolitik. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.
URL: http://www.ressourcenproduktivitaet.de/download.php?datei=src/downloads/Kupfer_070705.pdf. (Stand: 06.02.08)
- Niedersächsisches Umweltministerium (2007):** Abschlussbericht des Arbeitskreises „Entsorgung von Altfahrzeugen unter Berücksichtigung von Lebenszyklusanalysen“. Hannover.
- Norddeutsche Affinerie AG (2007a):** Die Norddeutsche Affinerie AG. Auf dem Weg zum international führenden Kupferkonzern. Präsentation anlässlich des 12. Hamburger Börsentages am 10. November 2007. Hamburg.
- Norddeutsche Affinerie AG (2007b):** The Year of Copper. Annual Report 2005/2006. Hamburg.
- Ökopool/ iiee/ RPA = Ökopool GmbH/ The International Institute for Industrial Environmental Economics at Lund University/ Risk & Policy Analysts (2007):** The Producer Responsibility Principle of the WEEE Directive. Final Report.
URL: http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_okopol.pdf. (Stand: 11.01.07).
- Osyguß, B. (2006):** Die internationale Wertschöpfungskette von Gebrauchtgüterexporten aus Deutschland in Ländern Westafrikas – am Beispiel des Exports von Altfahrzeugen. Diplomarbeit. Institut für Geographie: Hamburg.
- RWTH = Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (2002):** Ressourcenorientierte Gesamtbetrachtung von Stoffströmen metallischer Rohstoffe. Entwicklung von Methoden und ihre Anwendung. Arbeits- und Ergebnisbericht 2000/2001/2002. Aachen.
- Schüller, M. (2006):** Material Flow Analysis of Selected Primary Copper Routes: Chile and Germany. Diplomarbeit im Studiengang Umweltschutztechnik zur Erlangung des Grades Diplom-Ingenieur an der Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwesen der Universität Stuttgart (unveröffentlicht).
- Schüller, M.; Estrada, A.; Bringezu, S. (2008):** Mapping environmental performance of international raw material production flows. A comparative case study for the copper industry of Chile and Germany. Manuskript. Wird erscheinen in: Minerals and Energy.
- Soldera, M. (1995):** Öko-Computer: Vergleich eines Öko-PC mit einem herkömmlichen PC anhand von LCA. Projektarbeit. Ingenieurschule HTL Chur: Chur, Schweiz.
- Statistisches Bundesamt (2008):** Außenhandelsstatistik. Wiesbaden.
- Steuff, W. (2006):** Kupfersymposium 2006 – Quality connects – people, markets, services. LEONI. Präsentation zum Kupfersymposium vom 13.11.2006 in Dresden.
- Sullivan, D. E. (2006):** Recycled Cell Phones – A Treasure Trove of Valuable Metals. U.S. Geological Survey Fact Sheet 2006-3097. USGS: Denver, USA.
- TNS Infratest Forschung GmbH (2007):** Monitoring Informationswirtschaft. München.
- UBA = Umweltbundesamt (2007):** Verbesserung der Edelmetallkreisläufe: Analyse der Exportströme von Gebrauchtkfz und -Elektro(nik)geräten am Hamburger Hafen. Öko-Institut e.V. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes FuE-Vorhaben, Förderkennzeichen 363 01 133. Dessau.
- UNU = United Nations University (2007):** 2008 Review of Directive 2002/96 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). Final report. Bonn. URL: http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf (Stand: 11.01.07).
- USGS = United States Geological Survey (2007):** Copper. Mineral commodity summary. URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/copper/coppemcs07.pdf> (Stand: 12.03.2007).
- Wittmer, D. (2006):** Kupfer im regionalen Ressourcenhaushalt – Ein methodischer Beitrag zur Exploration urbaner Lagerstätten. Dissertation. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich: Zürich, Schweiz.

Bildnachweise der Fotografien:

Titelseite: KME Germany

Seite 3: PhotoDisc

Seite 4: Deutsches Kupferinstitut

Seite 7: Deutsches Kupferinstitut

Seite 8: Deutsches Kupferinstitut

Seite 9: Leoni AG

Seite 10: Leoni AG

Seite 12: Kummer:Umweltkommunikation

Seite 13: Umicore Precious Metals Refining

Seite 14: Deutsches Kupferinstitut

Seite 16: PhotoDisc

Seite 17: PhotoDisc

*Seite 19: Umicore Precious Metals Refining (oben)
Stephan Preuß, Wuppertal (unten)*

Seite 20: Norddeutsche Affinerie

Seite 21: J.Resch (DUH)

Seite 22: PhotoDisc

Seite 23: Photo Disc

Seite 24: Wuppertal Institut

Seite 27: Deutsches Kupferinstitut

**Wuppertal Institut für
Klima, Umwelt, Energie GmbH**

Postfach 10 04 80

42004 Wuppertal

www.wupperinst.org